

Über eine Methode zur raschen Ermittlung der Gonadendosis im röntgendiagnostischen Routinebetrieb

von
Eugen Seidl
aus München

E.-M.

Aus der Universitäts-Frauenklinik Erlangen (Direktor:
Prof. Dr. R. Dyroff) und der Röntgenabteilung (Leiter:
Dr. A. Siegert) des Städtischen Marienkrankenhauses
Amberg/Opf. (Direktor: Dr. M. Brandl)

Über eine Methode zur raschen Ermittlung
der Gonadendosis
im röntgendiagnostischen Routinebetrieb.



Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Friedrich-Alexander-Universität
zu
Erlangen-Nürnberg

Vorgelegt von
Eugen Seidl
aus München

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Referent: Professor Dr. med. R. D y r o f f

Dekan: Professor Dr. med. E. S c h r e c k

Tag der mündlichen Prüfung: 27. Juli 1961

Über eine Methode zur raschen Ermittlung

der Gonadendosis

im röntgendiagnostischen Routinebetrieb.

Über eine Methode zur raschen Ermittlung
der Gonadendosis
im Röntgendiagnostischen Routinebetrieb.

A.: Am 28. Dezember 1895 legte Wilhelm Conrad Röntgen, damals ordentlicher Professor für Experimental-Physik an der Universität Würzburg, der dortigen Gesellschaft für Physik und Medizin, die ersten Mitteilungen über die von ihm entdeckten Strahlen vor. Er selbst war sich zur damaligen Zeit sicher noch nicht der vollen Tragweite seiner Entdeckung bewußt. Er konnte auch gar nicht voraussehen, daß die nach ihm benannten Strahlen neben ihrer äußerst segensreichen Wirkung die Menschheit einmal vor das sehr schwierige und wichtige Problem des Strahlenschutzes stellen würden.

Ursprünglich hat man nur die Vorteile der Entdeckung Röntgens gesehen, wenngleich man schon in den ersten Jahren der praktischen Anwendung in der Diagnostik unliebsame Nebenerscheinungen, wie Haarausfall und Verbrennungen (L. FREUND) beobachtet hat. Trotzdem haben sich die Pioniere auf dem Gebiet der medizinischen Anwendung der Röntgen-schen Entdeckung nicht abhalten lassen weiter zu arbeiten. Heute gibt es keine medizinische Fachrichtung mehr, die nicht in irgend einer Weise Röntgenstrahlen, sei es zu diagnostischen oder aber auch therapeutischen Zwecken nutzbringend einsetzt und in der mannigfachsten Form anwendet. Ohne die Anwendung der Röntgenstrahlen in Diagnostik und Therapie hätte die ärztliche Kunst ihren heutigen Stand nie erreichen können.

Aber nicht nur für den Arzt sind in unserer Zeit die Röntgenstrahlen unentbehrlich. Auch die sogenannten abstrakten Wissenschaften und die Grundlagenforschungen auf nahezu allen Wissensgebieten arbeiten heute zur Lösung ihrer Spezialprobleme vielfach mit Röntgenstrahlen in der

mannigfachsten Anwendungsform. Hat doch gerade die Röntgen'sche Entdeckung allein schon den Anstoß zur Gründung eines ganz neuen Zweiges der theoretischen Physik gegeben, nämlich der Strahlenphysik. Auch die Grundlagenforschungen in der Technik sind zur Zeit ohne Röntgenstrahlen nicht mehr denkbar. Zur Materialprüfung im Maschinen- und Flugzeugbau, im Brückenbau usw. verwendet man ebenfalls Röntgenstrahlen. Um Abnutzungsschäden an besonders beanspruchten Maschinenteilen vorzeitig und bevor es noch zu einer Katastrophe kommt festzustellen werden Röntgenstrahlen benutzt. Gerade in diesen Tagen überprüft eine britische Fluggesellschaft ihren gesamten Flugzeugpark mit Hilfe von Röntgenstrahlen auf betriebsgefährliche Risse und Abnutzung. Die Industrie verwendet Strahlen zur Polymerisation von Kunststoffen, zur Konservierung und Lagerung von Lebensmitteln, zu Messungen der Dicke und Dichte und zu anderem mehr. Selbst auf Gebieten von denen man am allerwenigsten annehmen würde, daß sie mit Technik und Technisierung im modernen Sinne etwas zu tun haben, wie z.B. auf dem Gebiet der Kunstgeschichte, sind die Röntgenstrahlen unentbehrliche Hilfsmittel geworden, wenn es darum geht, die Echtheit alter Meister festzustellen. Und schließlich und endlich darf nicht vergessen werden, daß auch der radioaktive Niederschlag nach Kernwaffenversuchen immer mehr Bedeutung gewinnt und, wenn auch ungewollt, Umgang mit Strahlen mit sich bringt.

Es gibt heute praktisch überhaupt kein Gebiet der menschlichen Betätigung mehr, auf dem nicht in irgend einer Form Röntgenstrahlen oder ionisierende Strahlen zur Anwendung kommen, sodaß z.Zt. jeder Mensch in ungleich höherem Ausmaße mit solcher Strahlung in Berührung kommt, als etwa noch in der Zeit vor der Röntgen'schen Entdeckung.

B.: Zwar ist die Menschheit schon von jeher einer

dauernden natürlichen Strahlung ausgesetzt; aber dazu kommt heute noch die künstliche, vom Menschen selbst ausgelöste Strahlenbelastung, in deren Rahmen die zunehmende medizinische Strahlenexposition eine immer größere Rolle spielt. Die natürliche, vom Menschen praktisch nicht beeinflussbare Strahlenbelastung setzt sich aus 2 Komponenten zusammen: Einer Inneren und einer Äußerer, aus der kosmischen oder Höhenstrahlung (1913 von HBS u. KOHLHORSTER entdeckt) einerseits; sowie aus der Umgebungsstrahlung, die aus der Erde kommt und erhebliche örtliche Schwankungen aufweist, andererseits. Die Gesteine unserer Erdrinde enthalten natürliche Isotope, wie Radium 226, Thorium 232, Kalium 40, Kohlenstoff 14. Neben diesen, die eine gleichmäßige Ganzkörperbestrahlung bedingen, spielen noch Teilkörperbestrahlungen durch mit der Nahrung aufgenommenes Radium sowie durch Inhalation aufgenommenes Radon und C 14 eine Rolle. Letzteres wirkt besonders auf die Lungen ein, während das Radium vorwiegend in den Knochen gespeichert wird. Man hat die natürliche Strahlenbelastung des Menschen mit etwa 125 mrem pro Jahr errechnet. An diese Belastung hat sich die Menschheit im Laufe der Entwicklung weitgehend gewöhnt. (FUCHS).

C.: Die künstliche Strahlenbelastung dagegen wird infolge der Erschließung immer neuer Strahlenquellen, sowie deren Nutzung, wie wir bereits erwähnt haben, besonders auch infolge der immer mehr zunehmenden Strahlenanwendung in der Medizin, stets größer. Vor allem die medizinische Strahlenbelastung tritt immer mehr in den Vordergrund. Ausgelöst wird diese sicher auch durch die immer mehr an Umfang zunehmende Röntgendiagnostik, die allerdings wiederum notwendig wird, durch die, wohl durch zivilisatorischen Fortschritt bedingte, zunehmende Morbidität der Bevölkerung. Laienpropaganda, Veröffentlichungen, vielfach sensationell von Laien aufgemacht, in Presse, Film,

Funk und Fernsehen tragen das ihre dazu bei, Krankheitsgefühle oder Ängste zu erwecken und Forderungen nach Ausschöpfung aller diagnostischen Hilfsmittel zu stellen, deren sich der Arzt oft einfach nicht mehr zu erwehren vermag. So erfolgen vielfache Untersuchungen mittels Strahlen, die keinen Befund ergeben, wohl aber eine Strahlenbelastung. In kürzester Zeit darnach wird aber eine erneute Strahlenuntersuchung vorgenommen, anderen Ortes, meist ohne Wissen, daß schon vor kürzester Zeit dieselbe Untersuchung vorgenommen wurde. Weil der eine nichts gefunden hat, läßt man den anderen eben sicherheitshalber auch noch nachsehen. Besonders erleichtert wird dieser Weg durch die immer mehr umfassende "Sozialisierung" d.h. Übernahme der Kosten durch eine Versicherungsgemeinschaft, wobei der Fordernde nichts oder nur sehr wenig zuzuzahlen hat, oft aber das Fahrgeld für seine Einkäufe in der nächstgelegenen Stadt noch vergütet bekommt.

Zu ähnlichen Feststellungen kamen auch CSAKANY, VITTAI, VOLNI und BARSZ in ihrer Arbeit über die Strahlenbelastung der Bevölkerung von Budapest 1958. Sie stellen fest, daß die hochentwickelte und weitverbreitete -honorarfreie (!) - Röntgenversorgung, die ja von jedermann und zu jeder Zeit leicht in Anspruch genommen werden kann, die Gefahr der Strahlenexposition durch medizinische Maßnahmen erheblich steigert.

D.: Hand in Hand mit dieser universellen Strahlenbelastung gehen die Bemühungen um umfassenden Strahlenschutz, besonders auch die Bemühungen um den Schutz der Gonaden. Wiewohl schon früher auf die Möglichkeit der Nachkommenschädigung durch energiereiche Strahlen hingewiesen wurde (DÖDERLEIN u. SELLEIM, 1911), so war es doch zunächst um diesen Fragenkomplex wider verhältnismäßig ruhig geworden. Erst das "Atomzeitalter", das ja geradezu durch

die oben genannte universelle Strahlenanwendung gekennzeichnet ist, ließ die Strahlengefährdung und damit den Strahlenschutz, nicht nur des einzelnen Individuums, sondern vor allem auch der gesamten Menschheit zu einem ernststen Problem werden. Wie ernst dieses Problem heute genommen wird, geht allein schon aus den erst vor kurzem erlassenen Strahlenschutzbestimmungen hervor. Die erste Strahlenschutzverordnung vom 24. Juni 1960 (Bundesgesetzblatt, Teil I 1960, Nr. 31) schreibt in § 21 (Allgemeine Schutzmaßnahmen) Abs. 2 ausdrücklich vor, daß beim Umgang mit radioaktiven Stoffen und sinngemäß muß dies für alle ionisierenden Strahlen gelten, auch unterhalb der in den §§ 25 bis 29 festgesetzten Werten die Strahlenbelastung von Personen und strahlenempfindlichen Sachgütern dritter oder der Allgemeinheit, so gering wie möglich gehalten wird. Nach § 25 Abs. 2 darf die bis zu einem bestimmten Lebensalter tatsächlich aufgenommene Dosis höchstens 5 rem, vervielfacht mit der um 18 verminderten Zahl der Lebensjahre betragen. Das bedeutet jedoch, daß vor dem 18. Lebensjahr kein Mensch beruflich Strahlen exponiert werden darf. § 29 derselben Schutzverordnung bestimmt nun ausdrücklich höchstzulässige Dosen für andere Personen, also für Personen, die nicht beruflich mit Strahlen zu tun haben. Dazu zählen aber dem Sinn des Gesetzes entsprechend auch die Personen, die im Zusammenhang mit an ihnen ausgeführten diagnostischen Eingriffen mit ionisierenden Strahlen belastet werden. Dieser Paragraph schreibt in Abs. 2b bis 4 vor, daß solche Personen im Höchstfalle nur Dosen aufnehmen dürfen, die im Jahr nicht über 1,5 rem (Abs. 2) hinausgehen oder bei dauernder Belastung bzw. vor Vollendung des 18. Lebensjahres 0,5 rem im Jahr nicht überschreiten dürfen. Diese Bestimmungen über höchstzulässige Dosen für nicht berufsmäßig mit ionisierenden Strahlen belasteten Personen müßten uns eigentlich zu denken geben.

E.: Jede Magendurchleuchtung, jede röntgenologische Untersuchung des Darmtraktes, jede Lungendurchleuchtung, jede Schwangerschaftsaufnahme, jede Untersuchung des Urogenitaltraktes mit ionisierenden Strahlen, überhaupt jeder röntgendiagnostische Eingriff ist notgedrungen für die zu untersuchende Person mit einer Strahlenbelastung verbunden. Eigens hierüber angestellte Untersuchungen haben sogar ergeben, daß der größte Anteil der zivilisatorischen Strahlenbelastung der Menschheit von der Röntgendiagnostik herührt. So z.B. haben die bereits oben erwähnten ungarischen Autoren bei röntgendiagnostischen Eingriffen errechnet, daß hierbei Durchschnittsbelastungen der Gonaden von 59.65 mrem pro Kopf zustande kommen, was einem Prozentsatz von 45 bis 90 % der Untergrundbestrahlung entspricht, also einen wesentlich höheren Wert als die deutschen und englischen Autoren angeben, die im Allgemeinen Werte um 30 mrem fanden. Das sind etwa 24 % der natürlichen Strahlenbelastung (G. MEIER). FROMMHOLD spricht von einer Strahlenbelastung der Gonaden durch Maßnahmen der Röntgendiagnostik in Deutschland von 22 % der Grundstrahlung. BIAGINI, MONTONONE u. BORILLA kamen in einer Untersuchung über die genetische Strahlenbelastung der Bevölkerung Roms durch röntgendiagnostische Maßnahmen auf eine Gesamtbelastung von 44 mrem pro Person im Jahr.

SEELENTAG berichtet über Messungen der Gonadendosis in der Röntgendiagnostik, ausgehend von den Ergebnissen des Institutes für Physikalische Therapie und Röntgenologie der Universität München, übertragen auf die Gesamtzahl jährlicher Krankenhausaufnahmen in Bayern, ausgeschieden nach den verschiedenen Alters- und Geschlechtsgruppen, dem Anteil dieser Gruppen an der genetisch bedeutsamen Bevölkerung und der Zahl von Jahren, in welchen sie der Strahlenbelastung ausgesetzt sind, über eine mittlere Strahlenbelastung der Gonaden von 165 mrem pro untersuchter Person. Er räumt ein, daß die tatsächliche

Belastung höher sein dürfte.

Wir sehen also, daß neben dem Soma bei röntgendiagnostischen Eingriffen vor allem die Gonaden mehr oder minder stark strahlenbelastet werden. Bei Schwangerschaftsaufnahmen wird nicht nur die Mutter, sondern auch die Frucht exponiert.

Über die Größenordnung der bei den einzelnen diagnostischen Eingriffen verabreichten Strahlenmengen war man sich früher nicht recht im Klaren. Wohl kann man schon seit Beginn unseres Jahrhunderts ionisierende Strahlen quantitativ bestimmen und damit exakt messen. Man hat sich auch schon relativ früh auf eine internationale Maßeinheit, nämlich das Röntgen festgelegt und diese Strahlenmenge erstmals 1928 auf dem 2. internationalen Röntgenologenkongreß in Stockholm als Einheit vorgeschlagen und als allgemein gültig anerkannt. Auch die Technik hat schon frühzeitig brauchbare Geräte und Vorrichtungen zur Messung ionisierender Strahlen entwickelt. Aber wenn wir uns diese Geräte ansehen, so waren und sind sie, angefangen von dem Chromoradiometer Holzknichts bis zu den hochentwickelten Universaldosimetern, mit denen man sowohl momentan, wie auch integrierend, d.h. aufsummierend messen kann, doch nur zur Dosismessung in der Röntgentherapie geeignet. Ursprünglich hatte man auch gar kein anderes Interesse als die in der Strahlentherapie zur Erzielung von Heilerfolgen bei gleichzeitiger Vermeidung von Schäden notwendigen Dosen und Strahlenmengen exakt zu bestimmen. Die für die verschiedensten röntgendiagnostischen Eingriffe erforderlichen Strahlenmengen und die dabei dem Patienten verabreichte Dosen liegen nun freilich im Vergleich zu den therapeutischen Dosen um mehrere Zehner Potenzen niedriger. Während man in der Strahlentherapie mit Dosen bis zu 5 und 10.000 r und darüber auf ein bestimmtes Feld begrenzt wie z.B. in der Tumorthherapie arbeitet, werden in der Diagnostik

bei sehr lang andauernden Untersuchungen wie z.B. bei Magen-Darmuntersuchungen im Höchstfall im Einfallsfeld 80 bis 100 bis 150 r gemessen. Früher hätte man solche Dosen für durchaus tragbar erachtet und hätte sich auch nicht gescheut, wenn notwendig sogar öfters im Jahr derartige strahlenbelastende Untersuchungen an ein und demselben Patienten vorzunehmen.

Heute liegen in dieser Hinsicht die Dinge ganz anders. Selbst wenn die bereits erwähnten Strahlenschutzbestimmungen, die es jedem Arzt zur gesetzlich gebotenen Pflicht machen, bei seinen röntgendiagnostischen Eingriffen so strahlensparend wie nur möglich zu arbeiten, noch nicht beständen, so müßte uns allein schon der fundamentale und alles beherrschende Grundsatz "nil nocere" stets zu dem veranlassen, was seit neuestem das Gesetz vorschreibt, nämlich bei jedem röntgendiagnostischem Eingriff äußerst strahlensparend vorzugehen.

Man könnte zwar einwenden, daß selbst Dosen von 100 bis 200 r gegeben auf Feldgrößen wie sie z.B. für Magen-Darmdurchleuchtungen in der Regel benutzt werden, noch keine somatische Schädigung auslösen; selbst bei mehrmaliger Wiederholung im Jahr. Zahlreiche Untersuchungen in den letzten Jahrzehnten, zunehmend in den letzten Jahren, befassen sich mit schädigenden Einwirkungen ionisierender Strahlen auf die Lebensvorgänge. Unter vielen seien genannt: BEGEMANN- NEUMANN- FUCHS - HUG- FLEISCHMANN, KARRER und WERKGARTNER - MAURER- DITTRICH- MAASS, BETTENDORF, KIRSTEN und KUNKEL - HENNE- HECKMANN u. KUNKEL.

Aber bei allen Strahlenbelastungen im Zusammenhang mit diagnostischen Untersuchungen spielt die Möglichkeit einer somatischen Schädigung eine völlig untergeordnete Rolle; nicht aber ist die Möglichkeit einer Schädigung bei bestimmten diagnostischen Eingriffen in jedem Falle auszuschließen. Deutsche Gynäkologen haben schon

in der Mitte der 20er Jahre zur Frage der genetischen Schädigung der Eierstöcke Stellung genommen. MARTIUS war derjenige, der auf die möglichen Gefahren der Keimschädigung auch bei diagnostischen Röntgenuntersuchungen hindeutete (RUMMEL).

Sicher werden bei jedem diagnostischen Eingriff die Generationsorgane, bei der Frau die Ovarien, beim Mann die Hoden strahlenbelastet. Wenn diese auch bei vielen Untersuchungen nicht im direkten Strahlenkegel liegen, so wissen wir doch, daß auch die Streustrahlung eine nicht unerhebliche Gonadendosis und damit Belastung der Keimzellen bewirken kann. Freilich wird dabei die im Gonadenbereich absorbierte Strahlenmenge umso niedriger sein, je weiter der Feldrand vom Ort der Gonaden entfernt ist. So bringt eine Lungendurchleuchtung eine wesentlich niedrigere Genbelastung mit sich, als eine Magenuntersuchung oder gar eine Hysterosalpingographie oder eine Schwangerschaftsaufnahme. In den beiden Letzteren Fällen liegen die Generationsorgane im direkten Strahlenkegel.

F.: Um einen Überblick über die Strahlenbelastung der Ovarien bei Hysterosalpingographien zu bekommen, haben wir, wie die Zusammenstellung (Tabelle I), zeigt, in 10 Fällen mit Kondensator Zylinderkammern im Rectum gemessen. Wir benutzten dabei die 15 mm Kondensator Zylinderkammern der Fa. PTW in Freiburg. Die Kammern wurden kurz vor dem diagnostischen Eingriff aufgeladen und auf die Nullpunktseinstellung geprüft, in einen wasserdichten Gummiüberzug eingebunden und ins Rectum eingeführt. Dabei haben wir immer darauf geachtet, daß sie etwa in Höhe der Ovarien zu liegen kamen. Nachdem die Salpingographie, die immer unter gleichzeitiger Durchleuchtungskontrolle durchgeführt wurde und bei der stets 4 Aufnahmen, eng auf Uterus und Tuben eingeblendet, geschossen wurden, beendet war, wurden die Kammern jeweils

Tabelle I.

Gemessene Gonadendosen bei Salpingographien

Durchleuchtung und 4 mal 13 : 18 Aufnahme
(eng eingebildet auf Uterus und Tuben)

mit 15 mm Kondensator Zylinderkammern im Rektum

Pat.	Gonaden Dosis in mr
1	138.15
2	170.32
3	185.08
4	221.20
5	234.05
6	256.10
7	269.21
8	287.30
9	358.92
10	380.20

herausgenommen und gleich ihre Entladung festgestellt. Bei entsprechender rechnerischer Berücksichtigung der Wellenlängen, Temperatur und Druckabhängigkeit, sowie des von der Fa. angegebenen Kammerfaktors haben sich dann die in Tabelle I zusammengestellten Meßwerte ergeben.

In genau derselben Weise sind wir auch bei den Schwangerschaftsaufnahmen vorgegangen; auch hierbei haben wir die 15 mm Kondensator Zylinderkammern benutzt und genauso wie bei den Salpingographien im Rectum etwa in Höhe der normalen Lage der Ovarien gemessen. Wenn auch bei dem hochschwangeren Uterus die Ovarien aus dem kleinen Becken heraus nach oben verlagert sind, so darf man doch annehmen, daß sowohl bei seitlicher wie auch bei a.p.-Aufnahme, die im Rectum in Höhe der Kreuzbeinhöhle gemessene Dosis auch der in die Gonaden eingestrahlten Dosis entspricht, da in beiden Fällen Meßkammer und Gonaden im direkten Strahlenkegel liegen und beide annähernd denselben Abstand vom Fokus haben. Bei Beckenendlagen gibt übrigens die mit der so eingeführten Kammer gemessene Dosis gleichzeitig auch die Gonadendosis des Kindes wieder. Die von uns hierbei gefundenen Werte sind in Tabelle II zusammengestellt.

Eine ganze Zeit lang haben wir grundsätzlich bei allen diagnostischen Eingriffen, bei Lungendurchleuchtungen und -Aufnahmen, bei intravenösen und retrograden Pyelographien, bei Cholecystangiographien, bei Magen- und Darmdurchleuchtungen, bei Irrigoskopien usw. mit Kondensator Zylinderkammern an den Gonaden selbst oder wenigstens in deren Nähe gemessen. Bei Männern haben wir die Kondensator Zylinderkammer mit Durchmesser von 45 mm und mit einem Meßbereich von $0,03 \cdot r \cdot 10^{-3}$ bis $3 \cdot 0,03 \cdot r \cdot 10^{-3} \cdot 176$ jeweils dicht an den Hoden angebunden, bei Knaben haben wir die 15 mm Kondensator Zylinderkammern mit einem Meßbereich von ungefähr $1,4 \cdot r \cdot 10^{-3}$ bis $3 \cdot 1,4 \cdot r \cdot 10^{-3} \cdot 176$ an den Ho-

Tabelle II.

Gemessene Gonadendosen bei Schwangerschaftsaufnahmen
a.p. und seitlich (Beckenmessung) mit 15 mm Kondensator Zylinderkammern im Rektum

A) a.p.Aufnahme		B) seitlich	
Pat.	Gonaden Dosis in mr	Pat.	Gonaden Dos. in mr
1	41.00	1	132.91
2	41.79	2	133.80
3	42.02	3	145.00
4	46.80	4	171.00
5	48.00	5	185.00
6	49.14	6	198.70
7	51.55	7	216.35
8	52.38	8	255.64
9	65.35	9	305.00
10	127.75	10	331.30

densack angeklebt und bei Frauen und Mädchen haben wir die gleichen Kammern wasserdicht verpackt ins Rectum so eingeschoben, daß sie in die Nähe der Ovarien zu liegen kamen.

Schon die ersten orientierenden Messungen haben eindeutig gezeigt, daß die bei diagnostischen Eingriffen jeweils in die Gonaden eingestrahlten Dosen unter sonst gleichen Bedingungen abhängig sind: 1. Vor allem von der Art des Eingriffes, 2. vom Geschlecht des Patienten, 3. vom Alter des Patienten, 4. vom Arzt, der den diagnostischen Eingriff vornimmt. So ist, wie die Tabellen I - XIV klar erkennen lassen, bei der Frau eine Magendurchleuchtung mit ganz anderen Gonadendosen verbunden als beim Manne und bei Knaben wieder mit viel höherer Belastung der Keimdrüsen als beim Manne. Lungendurchleuchtungen wie auch Aufnahmen verursachen wiederum kaum eine genetische Belastung entsprechend der Tabelle XII u. XIII. Es waren mit den von uns benutzten Kammern bei diesen diagnostischen Eingriffen praktisch keine Gonadendosen mehr zu messen, weil dieselben nahe am unteren Grenzwert des Meßbereiches oder sogar darunter lagen. Unempfindlichere Kammern, die sich auch noch für Messungen im Rectum eignen würden zu bauen ist z. Zt. ein technisch noch ungelöstes Problem. Auch die röntgendiagnostische Untersuchung des Urogenitaltraktes belastet genetisch gesehen die Frau stärker als den Mann. (Tabelle XIV). Trotz Bleiabdeckung und enger Feldeinblendung werden durch die Streustrahlung beim Manne im Maximum noch bis zu 3,57 mr bei i. v. Pyelogrammen in die Generationsorgane eingestrahlt, die Frau bekommt unter sonst gleichen Bedingungen der Feldgröße und Anzahl der Aufnahmen im Maximum bis zum 47-fachen der Strahlendosis an den Ovarien ab.

Es hat sich auch sehr bald gezeigt, daß es Durchleuchter und Diagnostiker gibt, die mit wenig

Tabelle III.

Gemessene Gonadendosen bei Rectaleinlauf (Männer) mit
15 mm (17 Kondensator Zylinderkammern am Scrotum

Pat.	Gonaden Dosis in mr
1	13.14
2	13.16
3	19.58
4	19.77
5	21.05
6	21.14
7	27.85
8	44.96
9	55.53
10	59.80
11	67.53

Tabelle IV.

Gemessene Gonadendosen bei routinemäßig. Magendurchleuchtung (mit Zielaufn.) bei Männern mit 45 mm Kondensator Zylinderkammer am Scrotum

Pat.	Gon.Dos. in mr.	Pat.	Gon.Dos. in mr.	Pat.	Gon.Dos. in mr.
1	0.16	32	1.22	63	2.68
2	0.39	33	1.25	64	2.82
3	0.43	34	1.26	65	2.86
4	0.53	35	1.37	66	3.02
5	0.56	36	1.38	67	3.13
6	0.57	37	1.42	68	3.13
7	0.65	38	1.42	69	3.33
8	0.67	39	1.43	70	3.48
9	0.67	40	1.55	71	3.57
10	0.69	41	1.57	72	3.73
11	0.72	42	1.58	73	3.84
12	0.72	43	1.60	74	3.84
13	0.72	44	1.64	75	3.94
14	0.76	45	1.65	76	4.02
15	0.78	46	1.65	77	4.16
16	0.79	47	1.67	78	5.16
17	0.79	48	1.68	79	5.33
18	0.80	49	1.70	80	5.68
19	0.87	50	1.86	81	5.70
20	0.89	51	1.87	82	5.77
21	0.91	52	1.89	83	6.09
22	0.96	53	2.00	84	6.31
23	1.01	54	2.02	85	8.04
24	1.01	55	2.04	86	8.12
25	1.07	56	2.09	87	8.97
26	1.09	57	2.25	88	9.20
27	1.11	58	2.33	89	9.49
28	1.12	59	2.36	90	10.00
29	1.13	60	2.39	91	10.74
30	1.18	61	2.39	92	10.75
31	1.21	62	2.47	93	11.36

Table V.

Gemessene Gonadendosen bei routinemäß. Magendurchleuch-
ung (mit Zielaufn.) bei Frauen mit 15 mm Kondensator
 Zylinderkammer im Rectum

Pat. Gonaden Dosis in mr.		Pat. Gonaden Dosis in mr.	
1	3.97	34	17.17
2	4.12	35	17.32
3	4.22	36	18.24
4	4.27	37	19.14
5	4.60	38	19.31
6	5.92	39	19.87
7	6.53	40	21.05
8	6.62	41	22.12
9	6.64	42	22.85
10	7.12	43	23.46
11	7.89	44	25.52
12	8.19	45	27.74
13	8.57	46	29.99
14	8.67	47	32.99
15	9.14	48	33.07
16	9.83	49	37.27
17	9.85	50	38.30
18	9.92	51	41.08
19	11.47	52	42.92
20	11.68	53	46.81
21	11.84	54	53.86
22	12.02	55	54.07
23	12.05	56	58.20
24	12.26	57	63.16
25	12.82	58	63.72
26	12.90	59	68.69
27	13.72	60	69.36
28	14.23	61	71.68
29	14.24	62	71.81
30	14.44	63	90.17
31	15.05	64	114.92
32	15.13	65	151.45
33	15.88	66	172.99

Tabelle VI.

Gemessene Gonadendosen bei Magen- N a c h -Durchleuch-
tungen bei Männern mit 45 mm Kondensator Zylinderkammer
am Scrotum

Pat.	Gonaden Dosis in mr.	Pat.	Gonaden Dosis in mr.
1	0.06	29	0.49
2	0.06	30	0.53
3	0.10	31	0.56
4	0.10	32	0.59
5	0.10	33	0.59
6	0.13	34	0.69
7	0.15	35	0.75
8	0.16	36	0.82
9	0.16	37	1.02
10	0.16	38	1.38
11	0.16	39	1.97
12	0.17	40	2.35
13	0.17	41	2.45
14	0.18	42	2.48
15	0.19	43	2.91
16	0.19	44	3.12
17	0.23	45	3.47
18	0.23	46	3.97
19	0.24	47	4.17
20	0.25	48	4.28
21	0.30	49	4.36
22	0.33	50	4.37
23	0.37	51	5.86
24	0.37	52	6.29
25	0.45	53	7.20
26	0.46	54	17.20
27	0.46	55	23.62
28	0.49		

Tabelle VII.

Gemessene Gonadendosis bei Magen- N a c h -Durchleuchtung bei Frauen mit 15 mm Kondensator Zylinderkammer im Rectum.

Pat. Gonaden Dosis in mr.		Pat. Gonaden Dosis in mr.	
1	1.60	22	18.28
2	2.85	23	18.50
3	3.96	24	18.90
4	4.57	25	22.78
5	5.00	26	23.78
6	5.79	27	26.11
7	6.33	28	26.39
8	6.45	29	36.98
9	6.55	30	41.62
10	7.17	31	46.19
11	7.42	32	54.07
12	10.01	33	67.43
13	11.42	34	67.50
14	11.50	35	68.81
15	11.55	36	71.68
16	12.22	37	80.97
17	12.25	38	90.52
18	15.49	39	104.86
19	16.45	40	153.68
20	17.41	41	199.75
21	18.02		

Tabelle VIII.

Gemessene Gonadendosis bei Magendurchleuchtung bei Knaben
mit 15 mm Kondensator Zylinderkammer am Scrotum

Pat.	Gonaden Dosis in mr.
1	5.87
2	18.90
3	25.45
4	29.21
5	46.00
6	55.70
7	61.91

Tabelle IX.

Gemessene Gonadendosis bei Magen- N a c h- Durchleuch-
tung bei Knaben mit 15 mm Kondensator Zylinderkammer
am Scrotum.

Pat.	Gonaden Dosis in mr.
1	8.47
2	9.20

Tabelle X.

Gemessene Gonadendosen bei Cholecystangiographie (Durch-
leuchtung und 3 mal 13 : 18 Aufnahme) bei M ä n n e r n
mit 45 mm Kondensator Zylinderkammer am Scrotum.

Pat.	Gonaden Dosis in mr
1	0.15
2	0.21
3	0.21
4	0.23
5	0.23
6	0.26
7	0.40
8	0.44
9	0.46
10	0.52
11	0.65
12	0.85
13	0.98
14	1.06
15	1.33
16	1.42
17	1.63
18	1.76
19	1.83
20	4.75

Tabelle XI.

Gemessene Gonadendosen bei Cholecystangiographie (Durchleuchtung und 3 mal 13 : 18 Aufnahme) bei F r a u e n mit 15 mm Kondensator Zylinderkammer im Rectum.

Pat.	Gonaden Dosis in mr.	Pat.	Gonaden Dosis in mr.
1	0.00	28	9.64
2	0.00	29	11.42
3	0.00	30	11.50
4	0.71	31	11.94
5	1.31	32	12.85
6	1.31	33	12.88
7	1.64	34	13.03
8	1.65	35	13.47
9	1.97	36	14.17
10	2.32	37	14.40
11	2.86	38	14.99
12	3.36	39	15.07
13	3.48	40	15.60
14	6.56	41	15.79
15	6.60	42	17.12
16	6.62	43	18.55
17	7.07	44	18.81
18	7.17	45	19.41
19	7.17	46	20.18
20	7.33	47	21.50
21	7.82	48	22.63
22	7.87	49	25.52
23	8.22	50	25.80
24	8.51	51	26.11
25	8.60	52	27.74
26	9.01	53	30.26
27	9.34	54	43.55

Tabelle XII.

Gemessene Gonadendosen bei routinemäß.Lungendurchleuchtung und Aufnahme 35 : 35 bei Männern mit 45 mm Kondensator Zylinderkammer am Scrotum.

Pat.	Spannung	Feldbelastung mr.	Gonadendosis mr.
1	46 KV	72.7	0.02
2	44 KV	-	0.003
3	48 KV	-	0.02
4	48 KV	-	0.016
5	48 KV	-	0.001
6	54 KV	-	0.007

Tabelle XIII.

Gemessene Gonadendosen bei routinemäß.Lungendurchleuchtung und Aufnahme 18 : 24 mit Bleiabdeckung bei Knaben mit 15 mm Kondensator Zylinderkammer am Scrotum.

Pat.	Spannung	Gonaden Dosis
1	35 KV	0.00
2	35 KV	0.00
3	35 KV	0.00
4	35 KV	0.00

Tabelle XIV.

Gonadendosis bei intravenösen Pyelogrammen.

(Anzahl der Aufnahme: 2 x 24 : 30, 2 x 30 : 40)

A) Bei Männern, mit enger Feldeinblendung und Blei-
abdeckung, gemessen mit jeweils 2 45 mm Kondensator
Zylinderkammern am Scrotum. (angegebener Wert = arit-
metisches Mittel aus beiden Messungen).

B) Bei Frauen, mit enger Feldeinblendung, gemessen mit
einer 15 mm Kondensator Zylinderkammer im Rektum.

A-Männer		B-Frauen	
Pat.	Gonaden Dos. in mr	Pat.	Gonaden Dos. in mr.
1	0.758	1	33.936
2	0.896	2	47.652
3	1.073	3	47.652
4	1.202	4	49.096
5	1.647	5	75.548
6	1.685	6	81.557
7	1.694	7	82.230
8	1.922	8	82.685
9	2.282	9	98.877
10	3.574	10	168.872

Durchschnittlich verbrauchte Dosis in $r \cdot cm^2$ bei Lungen =
durchleuchtung. (70 KV , 3 mA , 2 mm Al , Fok.0,3 mm
Röhre 67000 Aufnahmen).

	I	II	III
$r \cdot cm^2$	20 - 120	70 - 240	200 - 430
M	$53,54 \pm 2,15$	$131,54 \pm 4,76$	$288,34 \pm 14,51$
σ	21,1	42,0	71,1
ϵ	96	78	24
relative Dosis bez.auf I.	1	2,44	5,33
$r \cdot cm^2 / t$	4 - 18	12,5 - 72,5	22,5 - 87,5
M	$10,44 \pm 0,32$	$33,1 \pm 1,42$	$50,8 \pm 3,77$
σ	3,22	12,6	18,5
relative Dosis / t bez.auf I.	1	3,3	5

(Tabelle XV)

Durchschnittlich verbrauchte Dosis in $r \cdot cm^2$ bei Rektal =
einlaufen, einschliesslich Aufnahmen.

(Durchleuchtung 100 KV, 3 mA, 1,3 mm Fokus
Aufn 2x 35:35 1 x 18 : 24).

	I	II	III
$r \cdot cm^2$	600 - 1100	1800 - 3400	3800 - 5400
M	880	2546	4780
relative Dosis bez. auf I.	1	2,9	5,43
Anteil der Aufnahme= dosis in % der Gesamtdosis	41,6	11	6,2
$r \cdot cm^2 / t$ für Durchleuchtung M	19,7	52,3	64,7
durchschnittliche Durchleuchtungszeit	2,6	4,5	6,8
relative Dosis / t für Durchleuchtung bez. auf I	1	2,65	3,28
E	11	13	10

(Tabelle XVI)

Durchschnittlich verbrauchte Dosis in r.cm^2 bei Gallen =
zielaufnahmen.

(Durchleuchtung 80 KV , 3 mA ,Fokus 13 mm,Aufn,1 x 13:18).

	I	II	III
r.cm^2	50 - 100	80 - 135	140 - 205
M	69	114	167,8
ϵ	23	20	11
relative Dosis bez.auf I.	1	1,65	2,4
Anteil der Aufnahme= dosis in % der Gesamtdosis	50,5	35,5	11,4

(Tabelle XVII)

Durchschnittlich verbrauchte Dosis in $r \cdot cm^2$ bei Magen =
durchleuchtungen einschliesslich Aufnahmen.

(Durchleuchtung 90 KV, 3 mA , Fokus 1,3 mm
Aufnahmen 2 x 18 : 24 , 4 x 6 : 9).

	I	II	III
$r \cdot cm^2$	400 - 800	800 - 1800	1900 - 3400
M	575,3	1270	2941,6
σ	112,8	273	325,5
ϵ	64	24	26
relative Dosis bez.auf I	1	2,2	4,5
Anteil der Aufnahme= dosis in % der Gesamtdosis	48,17	18	8,72
$r \cdot cm^2/t$ für Durchleuchtung M	12,4	17,66	31,58
durchschnittliche Durchleuchtungszeit	2,4	5,9	7,2
relative Dosis / t für Durchleuchtung bez.auf.I.	1	1,4	2,5

(Tabelle XVIII)

Durchschnittlich verbrauchte Dosis in $r \cdot cm^2$

bei Nachdurchleuchtung nach Magenuntersuchung mit Kontrasterei.

(90 KV , 3 mA , 2 mm Al.Fok. 0,3 mm Röhre, 67000 Aufnahmen).

	I	II	III
$r \cdot cm^2$	20 - 80	80 - 260	200 - 400
M	$38,3 \pm 2,18$	$152,05 \pm 8,08$	$274,55 \pm 19,12$
δ	16,00	46,8	63,2
ξ	54	34	11
relative Dosis bez.auf I	1	4	7,2
$r \cdot cm^2 / t$	4 - 20	22 - 60	50 - 90
M	$9,04 \pm 0,56$	$40,59 \pm 1,86$	$67,5 \pm 4,08$
δ	4,15	10,90	13,5
relative Dosis / t bez.auf I.	1	4,55	7,5

(Tabelle XIX)

Gegenüberstellung der verbrauchten Dosen in $r \cdot cm^2$ bei Magenzielaufnahmen,
 ausgeführt von zwei verschiedenen Durchleuchtern (Gruppe I und III).

I											
KV											
120			125			125			125		
Filmgrösse			18x24			6x9			18x24		
Schaltzeit im sec. Automat			0,04			0,11			0,08		
Verbrauchte Dosis in $r \cdot cm^2$			50			80			100		
Gesamtdosis in $r \cdot cm^2$			800			3030			3030		
Durchleuchtungszeit in Min.			2,6			5,0			5,0		

(Tabelle XX)

Strahlung auskommen, also sehr strahlensparend arbeiten und daß es Durchleuchter gibt, die bei diagnostischen Eingriffen sehr freigebig sind mit Strahlen, um nicht zu sagen direkt verschwenderisch damit umgehen. Das Ausmaß bzw. Übermaß an Strahlung kommt dabei durchwegs durch unsachgemäße Ausblendung, manchmal sogar durch sinnlose Ausblendung zustande und nicht in erster Linie durch übermäßig lange Durchleuchtungszeit. Daß solche Durchleuchter und Diagnostiker ihre Patienten auch einer wesentlich stärkeren genetischen Strahlenbelastung aussetzen, liegt klar auf der Hand.

G.: Bei all unseren Untersuchungen und Messungen kam es immer darauf an möglichst exakt und genau die Gonadendosis im Zusammenhang mit den verschiedensten diagnostischen Maßnahmen zu ermitteln. Am sichersten wird dieses Ziel zweifellos durch Direktmessung an den Gonaden bei jedem Eingriff erreicht; doch für den Routinebetrieb ist das viel zu umständlich und erfordert einen viel zu großen Zeit- und Arbeitsaufwand, ganz abgesehen von der Belastung für den Patienten. Deswegen sind wir, als knapp vor einem Jahr die verschiedenen Röntgenfirmen den sogenannten Diagnostikdosiszähler auf den Markt brachten, einen anderen Weg der Bestimmung der Gonadendosis im Zusammenhang mit röntgendiagnostischen Untersuchungen gegangen. Dieser Weg, der in Folgendem genau beschrieben werden soll, führt mit wesentlich weniger Zeitaufwand und vor allem mit ausreichender Genauigkeit ebenfalls zum Ziel. Bei den Diagnostikdosiszählern handelt es sich um Strahlenmeßgeräte, die nach dem Prinzip der Ionisationsstrom-Registrierung eine eingestrahlte Strahlenmenge messen; je nachdem in welchen Dimensionen dabei registriert wird, unterscheidet man 2 verschiedene Typen von Zählern: 1. Den Massendosiszähler, der durch Schaltmaßnahmen entsprechend modifiziert (REINSMA), die zugestrahlte Dosis

in rad.kg als Massendosis registriert und sozusagen zugestrahlte Energie mißt. 2.Den Flächendosiszähler, der die Oberflächendosis $\times$ der Einfallsfeldgröße anzeigt und als Meßgröße (PYCHLAU) das $r.cm^2$ als sogenannte Flächendosis hat. Jede Dosismessung läuft auf eine Energiebestimmung hinaus, auch wenn die unmittelbar gemessene Größe keine Energie darstellt. Aus dem Meßresultat ergibt sich zunächst die wirksame Energie pro Masse für den Stoff, in dem die Messung erfolgte. Aus dieser wird dann durch mathematische Beziehungen die wirksame Energie pro Masse für das Objekt erhalten. (GLOCKNER). Mit dem 1.Gerät liest man eine Massendosis ab, mit dem 2.eine Flächendosis. Bei Kenntnis der verwendeten Strahlenqualität und des absorbierenden Körpers kann man die Umrechnung von $r.cm^2$ in rad.kg und umgekehrt, natürlich auch nachträglich durchführen. Für beide Zähler gilt aber, daß sie eigentlich nicht die vom Patienten absorbierte und damit physiologisch zur Wirkung gekommene Dosis bzw. Energie registrieren (ZIELER), sondern immer nur die bei einem diagnostischen Eingriff verbrauchte Strahlenmenge anzeigen. Der Massendosiszähler würde nur dann die wirklich im Körper umgesetzte Energie angeben, wenn die von einigen Autoren (FEDDEMA, OOSTERKAMP, NEBOSCHEW, SCHOTT, REINSMA) vertretene Meinung, daß die eintretende Energie praktisch vollständig im Körper absorbiert wird, zuträfe; doch dies gilt nicht einmal in sehr grober Annäherung. ZIELER hat erst kürzlich durch umfangreiche Messungen nachgewiesen, daß vielfach nur ein kleiner Bruchteil der zugestrahlten Energie bei Durchleuchtungen bzw. Aufnahmen absorbiert und damit im Körper umgesetzt wird und zur Wirkung kommt; deshalb bleibt es für unser Problem zur Ermittlung der Gonadendosis mit Hilfe eines Diagnostikdosiszählers vollständig gleich, ob dieser die verbrauchte Dosis, bzw. Energie als Flächen- oder Massendosis anzeigt. Wir brauchen die vom Dosiszähler

angegebene Zahl immer nur jeweils als Bezugsgröße, der dann das Mittel aus mehreren gemessenen Gonadendosiswerten zugeordnet werden kann und zwar so, daß bei einem bestimmten diagnostischen Eingriff mit ein und derselben rad.kg bzw. r.cm² Zahl nur das aus den Gonadendosismessungen errechnete Mittel, selbstverständlich mit der ihm anhaftenden Streubreite verbunden werden kann.

Beide Gerätetypen ermöglichen es also zunächst nur, die für einen bestimmten diagnostischen Eingriff verbrauchte Strahlenmenge zu messen. Der eine zeigt die zugestrahlte Energie, allerdings bezogen auf eine bestimmte Strahlenqualität und bestimmten Absorptionskörper, der andere gibt die Oberflächendosis mal der Größe des Einfallfeldes wider. Doch mit diesen Meßgrößen und Werten ist uns bereits sehr viel gedient. Wie die in den Korrelationstabellen (Tabelle XXI, XXII) zusammengestellten Einzelmessungen bei Magendurchleuchtungen, sowohl bei der Frau wie auch beim Manne, schon auf den ersten Blick erkennen lassen, besteht in beiden Fällen ganz unverkennbar ein korrelativer Zusammenhang zwischen den jeweils am Ort der Gonaden in mr mit Kondensator Zylinderkammer (15 mm bzw. 45 mm im Querschnitt) gemessenen Dosen und der vom Dosiszähler in rad.kg. registrierten verbrauchten Dosis. Der korrelative Zusammenhang zwischen den beiden Meßreihen ist sogar sehr eng. Würde man den Grad der korrelativen Verbundenheit zwischen verbrauchter Dosis bei einer Magendurchleuchtung und der dabei gemessenen Gonadendosis in Form des Korrelationskoeffizienten, ausdrücken, so wäre diese, wie die Verteilung der Häufigkeitszahlen erkennen läßt, positiv und käme sehr nahe an 1 heran. Das besagt aber, daß mit hinreichender Meßgenauigkeit und durchaus zulässiger Streubreite, einer für eine Magendurchleuchtung verbrauchter in rad.kg registrierter Meßdosis, im Mittel eine ganz bestimmte Gonadendosis zugeordnet werden kann. Rechnet man nun weiter, für je-

Korrelation zwischen verbrauchter Dosis in rad.kg und im gebiet der Gonaden
gemessener Dosis in mr bei Magendurchleuchtung (Frauen)

Gemessene Dosis Y in mr	verbrauchte Dosis X in rad·kg												
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21		
5	13	4										17	
15	16	5	1									22	
25	7	4	3	1	2							17	
35	5	5	3	3	1							17	
45	2	4	5	2	3	1						17	
55	1	2	2	2	1							8	
65		1	5	2	2	1	1	1				12	
75		1	2		1	1	1	1				6	
85		1	1		1	1	1					5	
95		1		5		1		1				8	
105			1	1	1	1		1	1			5	
115							2	1				3	
125			1		1			1				3	
135					2	1	1	2				6	
145													
155								1	1	1		3	
165						1	1	1	1			4	
175				1			1	2	1			5	
185					1	1	1	2	2	1		6	
195						1	1	1	1	2		5	
205						1		1		1		3	

M _K	44	28	24	17	17	9	10	12	6	5	172
	18,2	35	55	70,3	83,3	111,7	131	148,3	176,7	187	

Korrelation zwischen verbrauchter Dosis in rad.kg und im Gebiet der Gonaden
gemessener Dosis in mr bei Magendurchleuchtung (Männer)

Gemessene Dosis Y in mr	verbrauchte Dosis X in rad.kg											
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	
0,25	5											5
0,75	12	6	1									19
1,25	7	10										17
1,75	6	6	3	3	1							19
2,25	2	5	4	4	2							17
2,75		2	3	3	1	1						10
3,25		1	1	3	1							6
3,75		1	2	4	2	1	1					11
4,25		1	1	3	3	1						9
4,75				1	3	1	1					6
5,25				1	1	1	2					5
5,75				1	2	3	1					7
6,25					2	1	4	1				8
6,75					1		1	1	1			4
7,25					1		2	1	1			5
7,75							1	3				4
8,25							1		2	1		4
8,75						1				1	2	4
9,25						1	1	1	2	2	3	10
9,75							1				5	6
10,25									1	2	6	9
	32	32	15	23	20	11	16	7	7	6	16	185
$\bar{M}_k$	1,07	1,74	2,55	3,3	4,5	5,66	6,63	7,57	8,9	9,33	9,72	

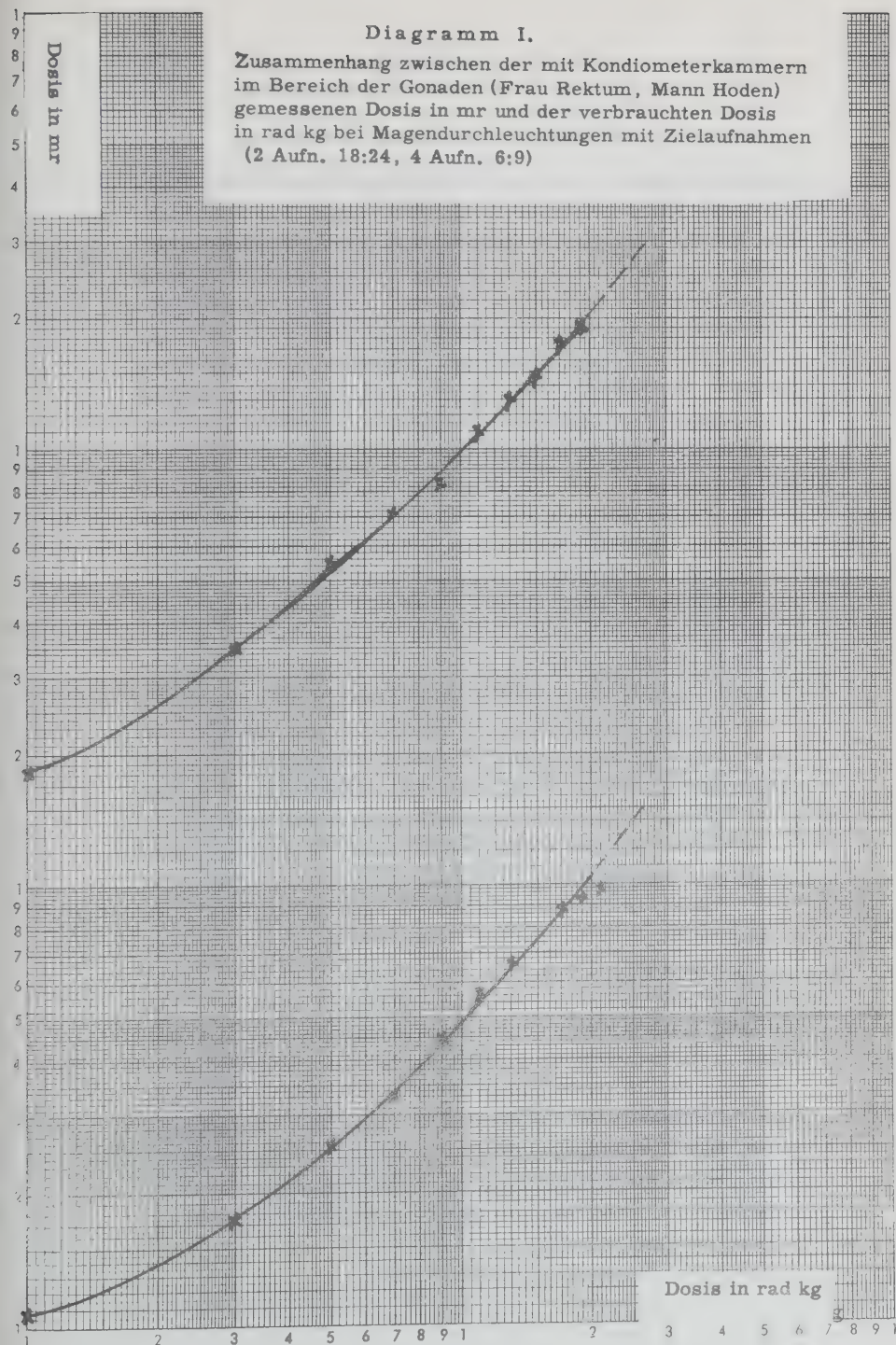
de Kolonne der beiden Korrelationstabellen das zugehörige Kolonnenmittel aus, trägt man die so gewonnenen mr-Zahlen als Ordinatenwerte über der rad.kg Zahl als zugehörigen Abszissenwert in ein doppelt logarithmisches Raster ein (Diagramm), so zeigt sich, daß die bei Magendurchleuchtungen gefundenen bzw. gemessenen und im Mittel errechneten Gonadendosis-Werte sowohl beim Manne wie auch bei der Frau sich nahezu ideal einer wohldefinierten Kurve anpassen.

H.: Mit Hilfe dieser Kurvenzüge kann man nun ohne weiteres bei jeder Magendurchleuchtung mit hinreichender Genauigkeit die dabei verabfolgte Gonadendosis angeben, bzw. ablesen ohne erst im Einzelfalle am Ort der Gonaden messen zu müssen. Notwendig ist lediglich die Registrierung der bei der betreffenden Magendurchleuchtung verbrauchten Dosis bzw. Energie in rad.kg. Das geschieht mit Hilfe eines in jedes Diagnostikgerät einzubauenden Dosiszählers. Die Registrierung der verbrauchten Energie erfolgt dabei vollkommen automatisch während der Durchleuchtung und der Zielaufnahmen. Wenn also die Magendurchleuchtung abgeschlossen ist, gibt das Zählwerk des Dosiszählers auch schon die dabei verbrauchte Dosis bzw. Energie an. Hat man dann weiter für jeden diagnostischen Eingriff, und so weit notwendig, nach Geschlecht und Alter getrennt, Dosisabhängigkeitskurven entsprechend den im Diagramm angegebenen, so kann man an Hand solcher Dosiskurven und der jeweils vom Dosiszähler registrierten Dosis bzw. Energie einfach und eindeutig für jeden diagnostischen Eingriff die dabei verabreichte Gonadendosis ablesen. In der Praxis geht man dabei so vor, daß man auf der X-Achse des Diagrammes die bei einer Durchleuchtung verbrauchte rad.kg-Zahl aufsucht und darüber die Ordinate errichtet. Der Schnittpunkt der Ordinate mit der für den entsprechenden Eingriff geltenden Dosisabhängigkeitskurve gibt dann auf der Y-Achse die zugehörige Gonadendosis an.

Diagramm I.

Zusammenhang zwischen der mit Kondiometerkammern
im Bereich der Gonaden (Frau Rektum, Mann Hoden)
gemessenen Dosis in mr und der verbrauchten Dosis
in rad kg bei Magendurchleuchtungen mit Zielaufnahmen
(2 Aufn. 18:24, 4 Aufn. 6:9)

Dosis in mr



Dosis in rad kg

Damit wird der Diagnostikdosiszähler gleichgültig nach welchen Prinzipien erarbeitet, - auch mit Hilfe von Flächendosiszählern lassen sich auf dieselbe Weise, wie wir das mit dem Massendosiszähler getan haben, Dosisabhängigkeitskurven ermitteln - zu einem Gerät, das nicht nur gestattet, die bei einem diagnostischen Eingriff verbrauchte Dosis festzuhalten, sondern auch die Gonadendosis mit hinreichender Genauigkeit zu ermitteln. Selbstverständlich müssen vorher durch Reihenmessungen für die einzelnen Arten der diagnostischen Vornahmen Korrelationstabellen aufgestellt werden, die die stochastischen Zusammenhänge zwischen den jeweils am Ort der Gonaden gemessenen Dosen und den verbrauchten Dosen in rad.kg oder r.cm^2 wiedergeben, um dann mit den errechneten Mittelwerten die Abhängigkeitskurven erstellen zu können. Je umfangreicher das Kollektiv der aufgestellten Korrelationstabellen ist, um so sicherer werden natürlich die daraus zu errechnenden Mittelwerte und damit um so genauer die mit Hilfe des Diagnostikdosiszählers auf dem Umweg über die gezeichneten Dosisabhängigkeitskurven festgestellten Gonadendosen. Bei genügend großem Kollektivumfang, (es müssen mindestens 150 Einzelfälle gewesen sein, die gemessen wurden) wird die Treffsicherheit der so ermittelten Gonadendosen so hoch, daß es sich nicht mehr lohnen würde, die viel umständlicheren einzelnen Messungen weiterhin durchzuführen. Wenngleich auch nicht abgestritten werden kann, daß die jeweilige Einzelmessung nach wie vor die exakteste Art der Gonadendosisbestimmung ist; aber auch die Einzelmessung ist mit einem Meßfehler behaftet, der mitunter bis zu 10% und darüber gehen kann. Von diesem Gesichtspunkt aus gesehen ist es, was Meßgenauigkeit anlangt wiederum durchaus vertretbar, wenn man von der Direktmessung, die viel zu umständlich ist, abgeht und die von uns angegebene indirekte Methode der Gonaden-

dosisbestimmung mit wesentlich geringerem Arbeits- und Zeitaufwand durchführt.

Damit ist eigentlich erst die Möglichkeit gegeben ohne zusätzliche Belastung des Untersuchers und auch des Patienten im röntgendiagnostischen Routinebetrieb bei allen Untersuchungen die Gonadenbelastung mit ausreichender Genauigkeit zu bestimmen und laufend zu registrieren und so brauchbare Unterlagen für strahlen genetische Forschungen an Menschen für die Zukunft zu gewinnen. Im Einzelfalle kann man jetzt auch die Technik und Arbeitsweise des röntgenologisch tätigen Arztes bezüglich der verabfolgten Strahlenmenge bewerten. So tragen solche Messungen nicht nur wesentlich zum Schutz weiter Bevölkerungskreise vor unnötiger genetischer Strahlenbelastung in der Diagnostik bei, sondern sie geben mit der Zeit auch dem Gesetzgeber sichere Unterlagen für etwa notwendig werdende Erlasse von Strahlenschutzbestimmungen an die Hand.

Abschließend können wir sagen, daß es heute bereits möglich ist mit Hilfe von Diagnostikdosiszählern und nach systematischer Erarbeitung von Dosisabhängigkeitskurven für jeden speziellen diagnostischen Eingriff in der Form wie wir das für die Magenuntersuchung, getrennt nach Geschlecht, angegeben haben, die Gonadenbelastung im diagnostischen Routinebetrieb ohne Mehrbelastung von Arzt und Patienten mit ausreichender Sicherheit und Zuverlässigkeit durchzuführen.

L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s .

- Begemann, H.: Dtsch.med.Wschr. 1957, 1755
- Bettendorf, G., Maass, H. Strahlentherapie 112, 1960, 293
- Kirsten, E. und Kün-
kel, H.:
- Biagini, Borillà und
Montanone: Strahlentherapie 113/1, 1960
- Bundesgesetzblatt: Teil I, 1960 Nr. 31, S. 430
vom 30. Juni 1960.
- Osákány, Vittay, Volni
und Barsi: Strahlentherapie 112, 1960, 476
- Dittrich, W.: Strahlentherapie 112, 1960, 86
- Döderlein und Sellheim: nach Rumml, Strahlentherapie
112, 1960, 124
- Dyroff, R. und Siegert, A.: Handbuch der Biologie und Patho-
logie des Weibes (Seitz-Amreich)
Band III, II. Auflage 1955.
- Peddema, J. und Ooster-
kamp: Modern Trends in diagnostic Radio-
logy London 1953.
- Fleischmann, R.,
Karrer, K. und Werk-
gartner, H.: Strahlentherapie 112, 1960, 287.
- Freund, L. Wien.med.Wschr. 1896, Seite 481.
- Frommhold, W. Med.Tonbandzeitg. Nr. 8, 1960, 4.
- Fuchs, G.: Der prakt.Arzt, 158, S 441, 1960
- Fuchs, G. und Bre-
zina, K.: Wien.med.Wschr. 1959, 109, 355
- Glocker, R.: Röfo, 90/1, 1959, 101
- Heckmann, U. und
Künkel, H.A.: Strahlentherapie 112, 1960, 92
- Henn, O. Strahlentherapie 112, 1960, 262
- Hug, O. Röfo, Tagungsheft 41 Tagung d.
DRG. 1960, S. 61.

- Maurer, H.J.: Röfo, 91/6, 1959, 799
- Meier, G.: AGFA, Röntgen Fachabt. August 1960
- Neboschew, A. und Schott, O.: Röntgenblätter 1959, Heft 8, 244.
- Neumann, G.: Beitr. z. Klinik d. Tuberkulose 118, 348, 1958
- Pychlau und Arnal: Vortrag am 25. Juli 1959 auf dem IX. I.C.R. in München.
- Reinsma: Vortrag am 25. Juli 1959 auf dem IX. I.C.R. in München.
- Rummel, A.: Strahlentherapie 112, 1960, 124
- Seelentag, W.: Röfo, Tagungsheft der 39. Tagung d. D.R.G., 1957, 33.
- Zieler, E.: Röfo, 92/2, 1960, 214.
- Zieler, E.: Röfo, 94/2, 1960.
- Z-iel er, E.: Erfahrungen mit der simultanen Dosismessung in der Röntgen-diagnostik.

Inhaltsverzeichnis

		Seite
A	Anwendungsmöglichkeiten der Röntgen- bzw. ionisierenden Strahlen.	2
B	Natürliche Strahlenbelastung der Menschheit.	3
C	Künstliche Strahlenbelastung.	4
D	Strahlenschutzbestimmungen.	5
E	Strahlenbelastung der Gonaden in der Röntgendiagnostik.	7
F	Eigene Messungen der Gonadenbe- lastung in der Röntgendiagnostik.	10
G	Zusammenhang zwischen Gonadendosen in mr und verbrauchten Dosen in rad.kg.	31
H	Bestimmung der Gonadendosis im Routinebetrieb mit Hilfe von Diagnostikdosiszählern.	36
I	Literaturverzeichnis.	39

Herrn Professor Dr. med R. Dyroff darf ich für die Überlassung des Themas und die Leitung der Arbeit meinen ergebensten Dank aussprechen.

Herrn Chefarzt Dr.med. A.Siegert,Amberg,möchte ich für die Überwachung der Arbeit und die dabei gegebenen Anregungen meinen herzlichsten Dank sagen.

Lebenslauf.

Am 29. Januar 1917 wurde ich in München als Sohn des prakt. Arztes Josef Seidl geboren. Nach vierjährigem Besuch der Volksschule, zuerst in München, dann in Wien, trat ich in das humanistische Gymnasium Wien XVIII ein, mußte dann 1935 an das Gymnasium nach Weiden wechseln, wo ich im Februar 1937 das Reifezeugnis erhielt. Nach Ableistung der Arbeitsdienstplicht begann ich mein medizinisches Studium an der Universität in München im Wintersemester 1937. Im März 1940 wurde ich zum Wehrdienst eingezogen. Nach Fronteinsatz in Frankreich und Rußland durfte ich 1942 das Studium wieder aufnehmen; ich beendete es nach erneuter Unterbrechung durch Einsatz in Rußland mit dem Staatsexamen am 16. Juni 1944 an der Universität in München. Am 13. Juli wurde ich in München durch Bombenangriff verwundet, als nicht mehr frontdiensttauglich arbeitete ich als Stationsarzt an den Lazaretten in Weiden und Wöllershof. Im Juni 1945 entlassen arbeitete ich in der Praxis meines Vaters in Schönsee Opf. Nach seinem Tode im Juli 1946 übernahm ich als praktischer Arzt die Praxis.

GEDRUCKT BEI LUDWIG MÜLLER ERLANGEN